

TRIGLAVSKI LEDENIK IN SPREMEMBE PODNEBJA

The Triglav Glacier and Climate Variations

Mateja Nadbath*

UDK 551.583:551.32(234.323.6)

Povzetek

Leta 1995 so na podlagi podatkov meritev izračunali, da Triglavski ledenik meri le 3,03 ha in se še vedno krči. V 19. stoletju je meril 45 ha. Vzroki njegovega krčenja so spremembe podnebja.

Abstract

In 1995, the Triglav glacier covered an area of only 3.03 ha, and has been diminishing in size. In the past it was much more extensive, measuring 45 ha in the 19th century. The reasons for glacier reduction may be attributed to climate variations.

Triglavski ledenik leži na severovzhodnem pobočju Triglava (Julijske Alpe), na zgornjem robu Triglavskih podov ter med Malim (2738 m) in Velikim Triglavom (2864 m) na nadmorski višini 2400 do 2550 m. Ime Zeleni sneg je dobil zaradi modrikasto-zelenkaste barve ledu.

Površina Triglavskega ledenika je merila v osemdesetih letih preteklega stoletja 45 ha, leta 1946, ko so začeli ledenik sistematično opazovati, 15 ha, leta 1994 samo 4 ha. Leto pozneje so na podlagi podatkov meritev izračunali le še 3,03 ha površine (2). V letih 1993 in 1994 je razpadel na več ledišč. Raziskovalci Geografskega inštituta ZRC SAZU menijo, da se ledenik od sredine preteklega stoletja stalno krči, njegov današnji obseg je najmanjši doslej.

Meteorološke parametre v tem delu Julijskih Alp kontinuirano merimo od januarja 1955, ko je začela redno delovati naša najvišja meteorološka postaja Kredarica. Postaja je na nadmorski višini 2514 m in je 300 m oddaljena od Triglavskega ledenika.

Za meteorološke parametre, ki odločilno vplivajo na stanje ledenika, smo izračunali devetletno drseče povprečje, linearno smer gibanja celotnega obdobja delovanja postaje Kredarica in linearen trend zadnjih dvajsetih let. Ti parametri so: temperatura zraka, povprečna najvišja temperatura zraka, število dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0° C ali manj, višina padavin, najvišja višina snežne odeje, število dni s snežno odejo in število dni, ko je snežilo.

Preglednica 1. Povprečna temperatura zraka (° C) v obdobju 1961–1990 na Kredarici

Table 1. Mean air temperature in the 1961–1990 reference period on Kredarica

mesec month	povprečna temperatura zraka (° C) mean air temperature
JAN	-8,2
FEB	-8,6
MAR	-7,1
APR	-4,5
MAJ	-0,2
JUN	3,2
JUL	5,8
AVG	5,8
SEP	3,8
OKT	0,8
NOV	-4,0
DEC	-6,8
NA LETO	-1,7

Devetletno drseče povprečje je dovolj dolg niz, da se izgladijo manjša nihanja in da se hkrati ne zabrišejo večja. Linearen trend za zadnjih dvajset let smo računali zato, ker je to čas izrazitega taljenja ledenika. V toplo polovico leta smo uvrstili tiste mesece, katerih povprečna mesečna temperatura zraka v obdobju 1961–1990 presega 0° C (preglednica 1). To so meseci od junija do oktobra. V tem času se ledenik tali: to je ablacijska doba ledenika. Mesece od novembra do maja smo uvrstili v hladno polovico leta, saj so povprečne mesečne temperature zraka referenčnega obdobja pod lediščem in prevladuje sneženje. To je redilna doba ledenika.

Referenčno obdobje je obdobje tridesetih let, kot ga predpisuje Svetovna meteorološka organizacija, za izračun povprečnih vrednosti meteoroloških parametrov. Zadnje referenčno obdobje je obdobje 1961–1990; povprečne vrednosti meteoroloških parametrov iz tega obdobja imenujemo referenčno povprečje ali dolgoletno povprečje.

Temperatura zraka na Kredarici

Pri parametrih povprečna temperatura zraka in povprečna najvišja temperatura zraka je opaziti večanje devetletnega drsečega povprečja od sredine osemdesetih let naprej. Pri parametru število dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0° C ali manj se devetletno drseče povprečje od začetka osemdesetih let zmanjšuje.

Povprečna temperatura zraka

Devetletno drseče povprečje povprečne temperature zraka tople polovice leta se je do leta 1967 gibalo okrog referenčnega povprečja; dolgoletno povprečje povprečne poletne dnevne temperature zraka je 3,9° C (preglednica 2). Po letu 1968 je padlo pod povprečje in je bilo najnižje leta 1976. Leta 1982 je ponovno doseglo povprečje in ga v naslednjem letu in celotnem desetletju presegl.

Podobno je bilo v zimski polovici leta (slika 1). V zimi 1962/63 je bila povprečna temperatura zraka najnižja: -7,7° C (preglednica 3). Po tej zimi je vrednost devetletnega drsečega povprečja padla pod povprečje zimskih mesecev v obdobju 1960/61–1989/90: -5,6° C (preglednica 2). Potem se je devetletno drseče povprečje povprečne temperature zraka v zimskih mesecih gibalo okrog dolgoletnega povprečja vse do zime 1985/86, ko se je začelo zvečevati. Pozimi 1989/90 je bila povprečna temperatura zraka v zimskih mesecih najvišja v nizu od zime 1955/56 do 1997/98: -3,3° C (preglednica 3).

Povprečna najvišja temperatura zraka

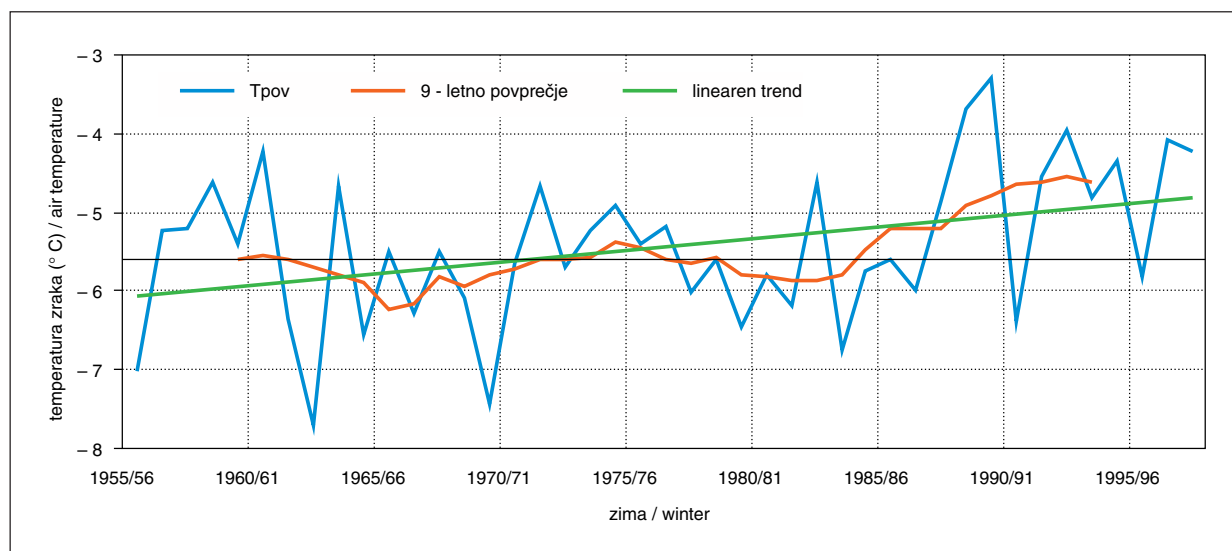
Devetletno drseče povprečje najvišje temperature zraka v zimskih mesecih se je v celotnem nizu dvakrat znižalo pod povprečje. Prvič sredi šestdesetih let, drugič pa v prvi polovici osemdesetih. Najnižja povprečna najvišja temperatura

* Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1 b, Ljubljana

Preglednica 2. Povprečne letne, zimske in poletne vrednosti parametrov: povprečna temperatura zraka, povprečna najvišja temperatura zraka, število dni z najvišjo temperaturo zraka 0° C ali manj, višina padavin, število dni s sneženjem in število dni s snežno odejo v referenčnem obdobju 1961–1990

Table 2. Mean year, winter and summer values of parameters: mean air temperature, mean maximum air temperature, number of days with maximum air temperature below 0° C, precipitation amount, number of days with snowfall, and number of days with snow cover in the 1961–1990 reference period

	na leto per year	zima winter	poletje summer
povprečna temperatura zraka (° C) mean air temperature (° C)	-1,7	-5,6	3,9
povprečna najvišja temperatura zraka (° C) mean maximum air temperature (° C)	1,2	-2,8	6,7
število dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0° C number of days with maximum daily air temperature below 0° C	158	146	12
višina padavin (mm) precipitation amount	1994	957	1027
število dni s sneženjem number of days with snowfall	128	99	29
število dni s snežno odejo number of days with snow cover	265	208	57



Slika 1. Povprečna zimska temperatura zraka v obdobju 1955/56 do 1997/98 (T_{pov}), povprečna zimska vrednost 1960/61 do 1989/90, 9-letno drseče povprečje (9-letno povprečje) in linearen trend

Figure 1. Mean winter temperature (T_{pov}) on Kredarica in the period from 1955/56 to 1997/98, mean value of reference period, nine-year moving average (9-letno povprečje) and linear trend (linearen trend)

zraka je bila pozimi 1962/63, le -4.8°C (preglednica 3), kar je za 2°C manj od povprečja referenčnega obdobja, ki je -2.8°C (preglednica 2). V drugi polovici osemdesetih let je začelo devetletno drseče povprečje povprečne maksimalne temperature zraka naraščati. Največja vrednost povprečne najvišje temperature zraka v zimskih mesecih je bila v zimi 1989/90 -0.4°C (preglednica 3), kar je za 2.3°C nad dolgoletnim povprečjem (slika 2).

Pri povprečni najvišji temperaturi zraka v poletnih mesecih sta dve obdobji, ko je bila vrednost devetletnega drsečega povprečja nad povprečno vrednostjo za poletne mesece referenčnega obdobja, ki je 6.7°C (preglednica 2). Malo nad povprečno vrednostjo dolgoletnega povprečja poletnih mesecev je bilo devetletno drseče povprečje povprečne najvišje temperature zraka do leta 1966; drugič pa se je dvig-

nilo nad dolgoletno povprečno vrednost poletnih mesecev po letu 1981. Po letu 1981 je bil dvig izrazitejši kot v šestdesetih letih. Najvišja vrednost povprečne najvišje temperature zraka v poletnih mesecih je bila v letih 1967 in 1983: 7.9°C (preglednica 3). V sedemdesetih letih je bilo devetletno drseče povprečje pod dolgoletnim povprečjem poletnih mesecev. Najnižja povprečna najvišja temperatura zraka poletnih mesecev je bila leta 1974 – 4.9°C .

Število dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0° C ali manj

Število zimskih dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0° C ali manj se jem začelo pozimi 1982/83 zmanjševati. Pred to zimo je bila vrednost devetletnega drsečega pov-

Preglednica 3. Ekstremne letne, zimske in poletne vrednosti parametrov: povprečna temperatura zraka, povprečna najvišja temperatura zraka, število dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0° C ali manj, višina padavin, število dni s snežno odejo, število dni s sneženjem in najvišja snežna odeja v obdobju 1955–1998
Table 3. Extreme year, winter and summer values of parameters: mean air temperature, mean maximum air temperature, number of days with maximum daily air temperature below °C, precipitation amount, number of days with snow cover, number of days with snowfall, maximum snow cover depth in the period from 1955–1998

	na leto / per year vrednost value		zima / winter vrednost value		poletje / summer vrednost value	
	leto year	leto year	leto year	leto year	leto year	leto year
najvišja povprečna temperatura zraka (° C) highest mean air temperature	-0,1	1994	-3,3	1989/90	5,1	1994
najnižja povprečna temperatura zraka (° C) lowest mean air temperature	-2,7	1956, 1962	-7,7	1962/63	2,2	1972, 1974
najvišja povprečna najvišja temperatura zraka (° C) highest mean maximum air temperature	2,4	1992, 1994	-0,4	1989/90	7,9	1967, 1983
najnižja povprečna najvišja temperatura zraka (° C) lowest mean maximum air temperature	0,2	1956	-4,8	1962/63	4,9	1974
največ dni z najvišjo temperaturo zraka ≤ 0° C highest number of days with maximum daily air temperature below 0° C	196	1974	172	1969/70	39	1974
najmanj dni z najvišjo temperaturo zraka ≤ 0° C lowest number of days with maximum daily air temperature below 0° C	126	1989	105	1992/93	3	1990
največ padavin (mm) highest precipitation amount	2799	1987	1378	1990/91	1591	1987
najmanj padavin (mm) lowest precipitation amount	1238	1971	566	1973/74	590	1972
največ dni s snežno odejo highest number of days with snow cover	310	1972	213	*	97	1972, 1978
najmanj dni s snežno odejo lowest number of days with snow cover	228	1958	184	1988/89	18	1958
največ dni s sneženjem highest number of days with snowfall	163	1980	121	1977/78	58	1974
najmanj dni s sneženjem lowest number of days with snowfall	87	1964	63	1992/93	17	**
najvišja najvišja snežna odeja (cm) highest maximum snow cover depth	690	1977	/	/	/	/
najnižja najvišja snežna odeja (cm) lowest maximum snow cover depth	205	1993	/	/	/	/

* zime / winters: 1959/60, 1963/64, 1967/68, 1975/76, 1979/80, 1991/92

** leta / years: 1958, 1959, 1983

prečja ves čas enaka dolgoletni povprečni vrednostni zimskih mesecev ali pa večja. Pozimi 1992/93 je bilo le 105 dni (preglednica 3) najvišja dnevna temperatura zraka 0°C ali manj. To je 41 dni manj od dolgoletnega povprečnega števila dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0°C ali manj. Največ takšnih dni je bilo v zimi 1969/70 – 172 dni (slika 3).

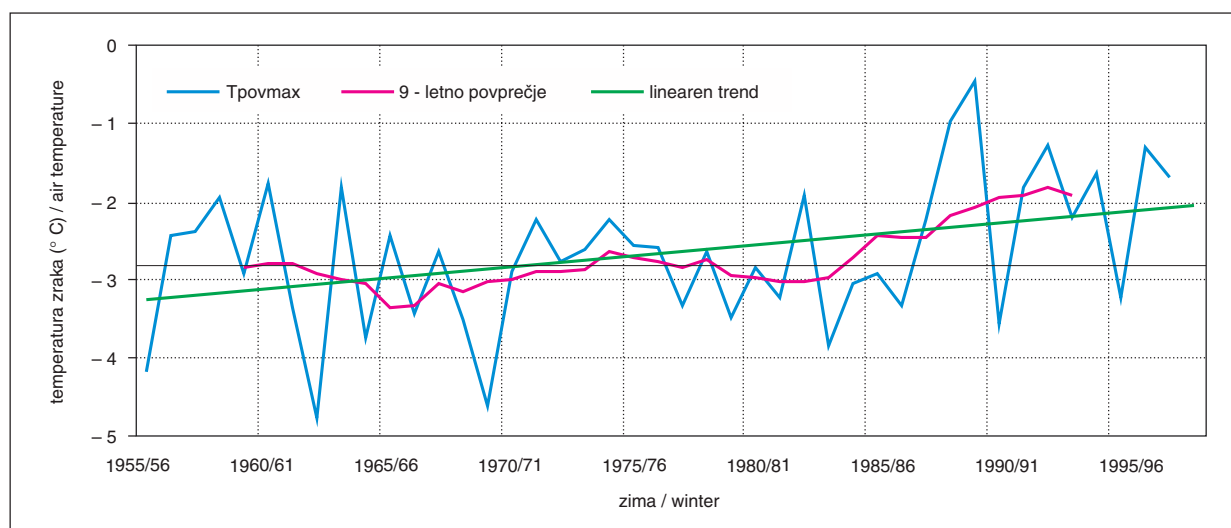
V številu dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0°C ali manj v poletnih mesecih je bilo devetletno drseče povprečje v sedemdesetih letih nad povprečjem; po letu 1980 so se te vrednosti zmanjšale pod dolgoletno povprečje (preglednica 2). V poletnih mesecih je bilo največ dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0°C ali manj leta 1974 – 39 dni (preglednica 3), najmanj dni pa poleti leta 1991, ko so bili takšni dnevi le trije. Dolgoletno poletno povprečje števila dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka 0°C ali manj je 12 dni.

Padavine

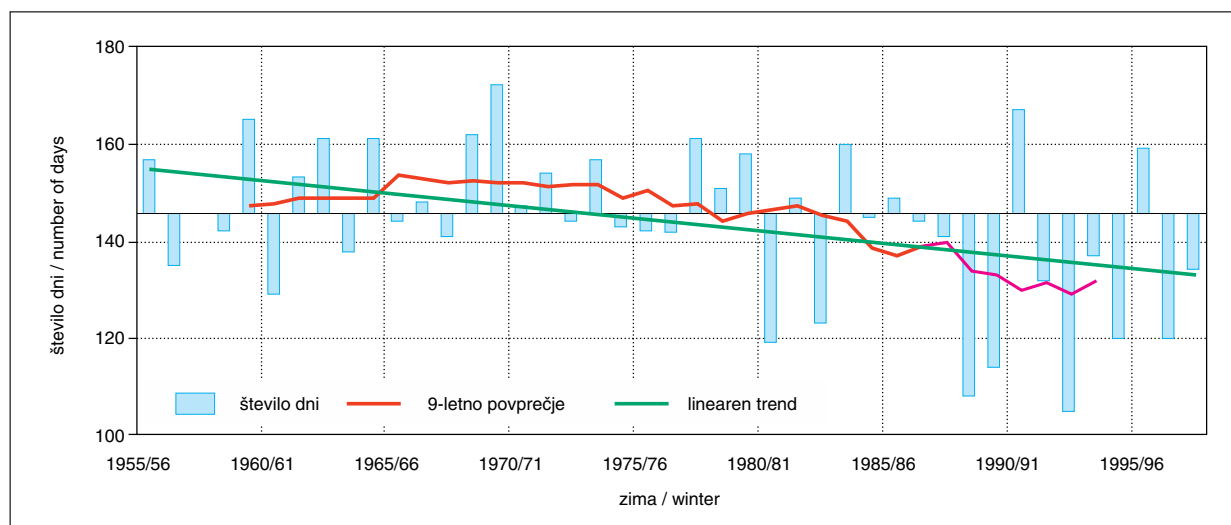
Drugi parametri, pomembni za debeljenje ledenika, so višina padavin, najvišja letna višina snežne odeje in število dni, ko sneži, ter število dni s snežno odejo. Vrednosti vse omenjenih parametrov se zmanjšujejo. Pri obdelavi smo uporabili merjeno višino padavin.

Višina padavin

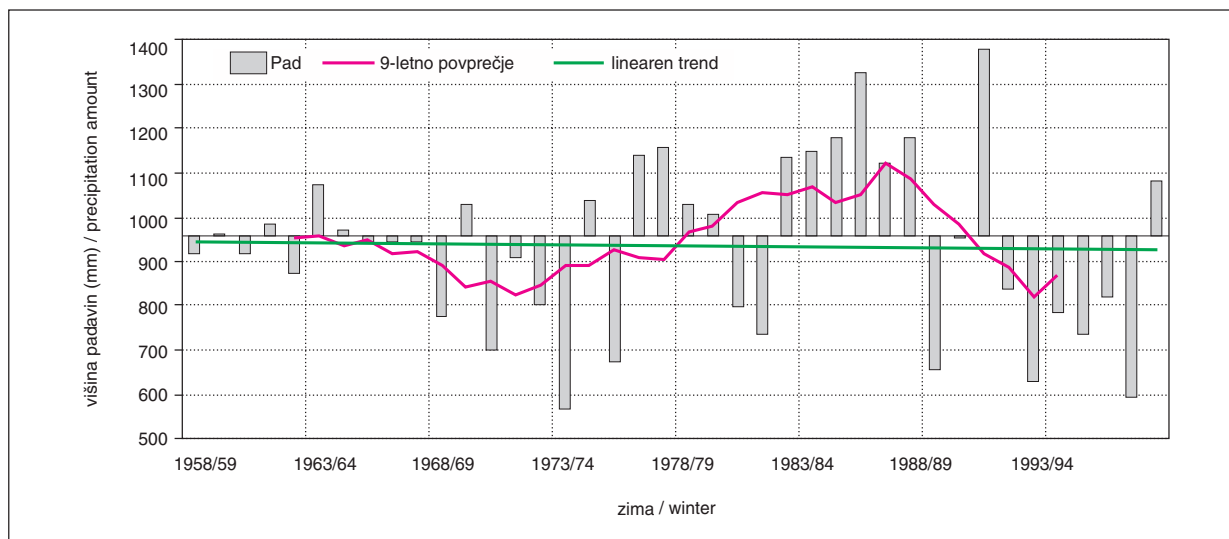
Devetletno drseče povprečje letne višine padavin v obdobju zimskih mesecev je bilo do zime 1978/79 pod dolgoletnim povprečjem zimskih mesecev, ki je 957 mm. Od zime 1978/79 do zime 1988/89 je bilo ves čas nad povprečjem, pozimi 1990/91 pa se je zmanjšalo pod dolgoletno povprečje. Najmanj padavin v celotnem nizu so izmerili v zimi 1973/74 (preglednica 3), ko so v vseh zimskih mesecih na-



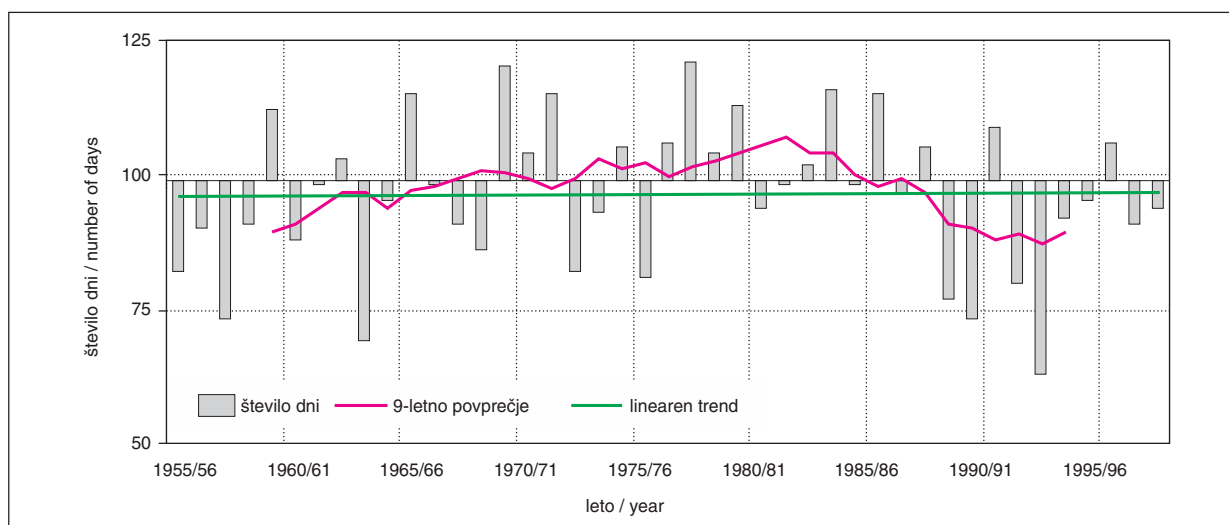
Slika 2. Povprečna najvišja temperatura zraka v zimskih mesecih v obdobju 1955/56 do 1997/98 ($T_{pvovmax}$), povprečna zimska vrednost 1960/61 do 1989/90, 9-letno drseče povprečje (9-letno povprečje) in linearen trend
Figure 2. Mean maximum winter temperature ($T_{pvovmax}$) on Kredarica in the period from 1955/56 to 1997/98, mean value of reference period, nine-year moving average (9-letno povprečje) and linear trend (linearen trend)



Slika 3. Število dni z najvišjo dnevno temperaturo $< 0^{\circ}\text{C}$ v zimah 1955/56 do 1997/98 (štev. dni), povprečje v zimah 1960/61 do 1989/90, 9-letno drseče povprečje (9-letno povprečje) in linearen trend
Figure 3. Number of days with maximum daily temperature below 0°C in winter on Kredarica in the period from 1955/56 to 1997/98 (število dni), mean value of reference period, nine-year moving average (9-letno povprečje) and linear trend (linearen trend)



Slika 4. Višina padavin v obdobju zimskih mesecev 1958/59 do 1997/98 (Pad), povprečna vrednost zimskih mesecev 1960/61 do 1989/90, 9-letno drseče povprečje (9-letno povprečje) in linearen trend
Figure 4. Mean precipitation amount (Pad) in winter on Kredarica in the period from 1955/56 to 1997/98, mean value of reference period, nine-year moving average (9-letno povprečje) and linear trend (linearen trend)



Slika 5. Število dni s sneženjem v zimskih mesecih v obdobju od 1955/56 do 1997/98 (štev. dni), povprečna vrednost v obdobju 1960/61 do 1989/90 in 9-letno drseče povprečje (9-letno povprečje) in linearen trend
Figure 5. Number of winter days with snowfall on Kredarica in the period from 1955/56 to 1997/98 (število dni), mean value of reference period, nine-year moving average (9-letno povprečje) and linear trend (linearen trend)

merili le 566 mm padavin. Daleč največ padavin je padlo pozimi 1990/91: 1378 mm (slika 4).

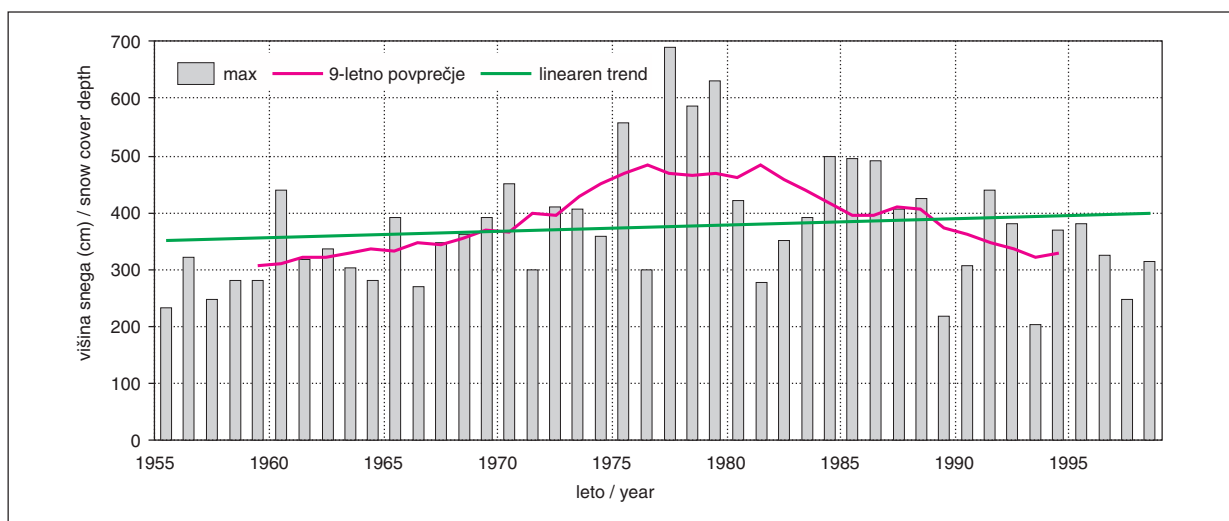
Devetletno drseče povprečje višine padavin v poletnih mesecih je bilo od konca šestdesetih do začetka osemdesetih pod povprečjem. Leta 1972 je padlo najmanj padavin v celotnem nizu opazovanj, le 590 mm (preglednica 3). Potem se je devetletno drseče povprečje dvignilo nad povprečje. Najbolj namočeno poletje je bilo leta 1987, ko je padlo 1591 mm padavin. Devetletno drseče povprečje višine padavin v poletnih mesecih je ostalo nad dolgoletnim povprečjem poletnih mesecev, ki je 1027 mm (preglednica 2).

Število dni, ko je snežilo

Devetletno drseče povprečje števila dni, ko je v zimskih mesecih snežilo, se je gibalo okrog dolgoletnega povprečja zimskih mesecev, to je 99 dni (preglednica 2). Po zimi

1985/86 je vrednost devetletnega drsečega povprečja padla pod vrednost dolgoletnega povprečja zimskih mesecev. V zimi 1992/93 je bilo najmanj dni, ko je snežilo v celotnem nizu opazovanj na Kredarici – samo 63 dni (preglednica 3). To je obdobje suhih zim ali tako imenovanih »zelenih zim«, ko po nižinah ni bilo snežne odeje. Nasprotno pa je bilo pozimi 1977/78: snežilo je največ dni, kar 121 (slika 5).

V poletnih mesecih je bilo devetletno drseče povprečje števila dni, ko je snežilo, do leta pod povprečno vrednostjo referenčnega obdobja, ki je 29 dni (preglednica 2). V letih 1958 in 1959 je poleti snežilo le 17 dni, enako malo jih je bilo poleti 1983 (preglednica 3). Po letu 1970 je bilo devetletno drseče povprečje števila dni, ko je v poletnih mesecih snežilo, nad povprečno dolgoletno vrednostjo vse do leta 1985. Največ jih je bilo poleti leta 1974, kar 58 dni. To je še enkrat več od dolgoletnega povprečja poletnih mesecev.



Slika 6. Najvišja letna višina snežne odeje v obdobju od 1955 do 1998 (max), povprečna vrednost v obdobju 1961 do 1990, 9-letno drseče povprečje (9-letno povprečje) in linearen trend
 Figure 6. Maximum snow cover depth in the period from 1955–1998 (max), mean value of reference period, nine-years moving average (9-letno povprečje) and linear trend (linearen trend)

Najvišja snežna odeja

Najvišja višina snežne odeje je bila izmerjena leta 1977, ko je bilo na Kredarici 690 cm snega (preglednica 3). Izredno visoka je bila še dve leti: 587 cm leta 1978 in leta 1979 630 cm. Obdobje zelo visoke snežne odeje se je začelo leta 1975, ko je bila snežna odeja dotlej najvišja: 560 cm. V tem petletnem obdobju (1975–1979) so bile, z izjemo leta 1976, ko je bila najvišja višina snežne odeje 300 cm, snežne odeje najvišje odkar deluje meteorološka postaja na Kredarici.

Od petletnega obdobja visoke najvišje višine snežne odeje sredi sedemdesetih let se vrednost devetletnega drsečega povprečja niža tako proti začetku delovanja meteorološke postaje kot proti letu 1998 (slika 6). Najnižja najvišja višina snežne odeje je bila leta 1993, ko je bilo na Kredarici 205 cm snega.

Število dni s snežno odejo

Devetletno drseče povprečje števila dni s snežno odejo v zimskih mesecih je bilo vse do sredine sedemdesetih nad dolgoletno povprečno vrednostjo zimskih mesecev, sredi sedemdesetih let pa se je zmanjšalo pod dolgoletno povprečje. Pod njim je ostala vse do sredine devetdesetih let, razen enega dviga do dolgoletne povprečne vrednosti na začetku osemdesetih let. Na začetku devetdesetih se je dolgoletno drseče povprečje števila dni s snežno odejo v zimskih mesecih spet dvignilo nad dolgoletno povprečno vrednost v zimskih mesecih; ta je 209 dni s snežno odejo (preglednici 2 in 3). Največ dni, to je 213 dni, je snežna odeja ležala na Kredarici v zimah 1959/60, 1963/64, 1967/68, 1975/76, 1979/80 in 1991/92. Najmanj dni je ležala pozimi 1988/89, le 184 dni; podobno malo dni – 187 dni – je snežna odeja ležala v zimi 1978/79.

V poletnih mesecih je bilo devetletno drseče povprečje števila dni s snežno odejo vse do začetka sedemdesetih let

pod dolgoletno povprečno vrednostjo poletnih mesecev (preglednica 2), potem je bilo vse do začetka devetdesetih nad dolgoletnim povprečjem. Na začetku devetdesetih let se je devetletno drseče povprečje števila dni s snežno odejo ponovno znižalo pod dolgoletno povprečje poletnih mesecev. Dolgoletna povprečna vrednost poletnih mesecev za število dni s snežno odejo je 57 dni. Daleč najmanj, to je 18 dni, je snežna odeja poleti ležala leta 1958, najdalj pa v poletjih 1972 in 1978, kar 97 dni.

Sklep

Območje trajnega ledu in snega se na podnebne spremembe odziva hitro in opazno. Ledeniki, tudi Triglavski, so zato njihovi posredni pokazatelji. Obstoj Triglavskega ledenika ni več zanesljiv zaradi sorazmerno majhne nadmorske višine, majhne površine in podnebnih sprememb.

Linearni trendi povprečne temperature zraka, povprečne najvišje temperature zraka, število dni z najvišjo temperaturo zraka poleti in število dni s snežno odejo pozimi ter višine padavin poleti v zadnjih dvajsetih letih (1979–1998) naraščajo. Posledično pa se linearen trend števila dni, ko sneži, najvišje snežne odeje, letnega in poletnega števila dni s snežno odejo, števila dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka pod 0° C ter letne in zimske višine padavin v zadnjih dvajsetih letih zmanjšujejo.

Literatura

- Gams I., 1994, Spremembe na Triglavskem ledeniku leta 1955–1944 v luči klimatskih pokazateljev, Geografski zbornik XXXIV, 81–117.
- Gabrovec M., 1996, Triglavski ledenik – kako dolgo še?, Pro-teus, december, 167–171.
- M., 1986, Triglavski ledenik v letih 1974–1985, Geografski zbornik XXVI, 99–137.